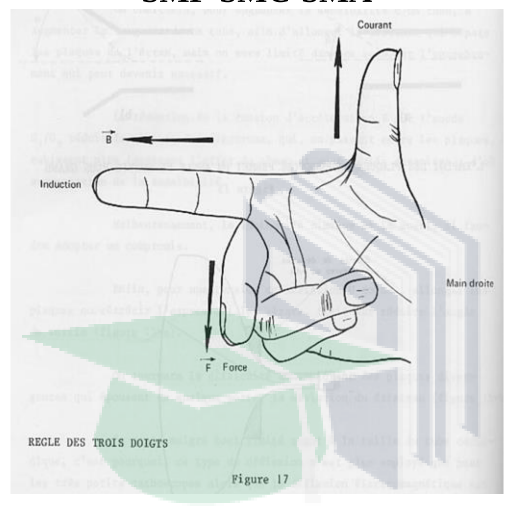
Des contrôles avec corriges d'électricité 2
Filière SMP-SMC-SMA Semestre 3



UNIVERSITE MOHAMMED V
FACULTE DES SCIENCES DE RABAT
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE



Année Universitaire : 2007-2011
Filière DEUG :
SMP-SMC-SMA



Semestre 3

Contrôles avec corriges d'électricité 2



UNIVERSITÉ IBN ZOHR
FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE
AGADIR

Janvier 2008

Contrôle de physique
Elément de module " Electricité 2"
Module "Physique 3"
Section:SMCP3
(*Durée :* 1h 30mn)

Question de cours

Donner l'énoncé puis démontrer le théorème de Maxwell.

Magnétostatique

Un conducteur parcouru par un courant d'intensité I est constitué de deux fils rectiligne semi infinis F_1 et F_2 reliés par un demi-cercle de rayon a (Figure 1).

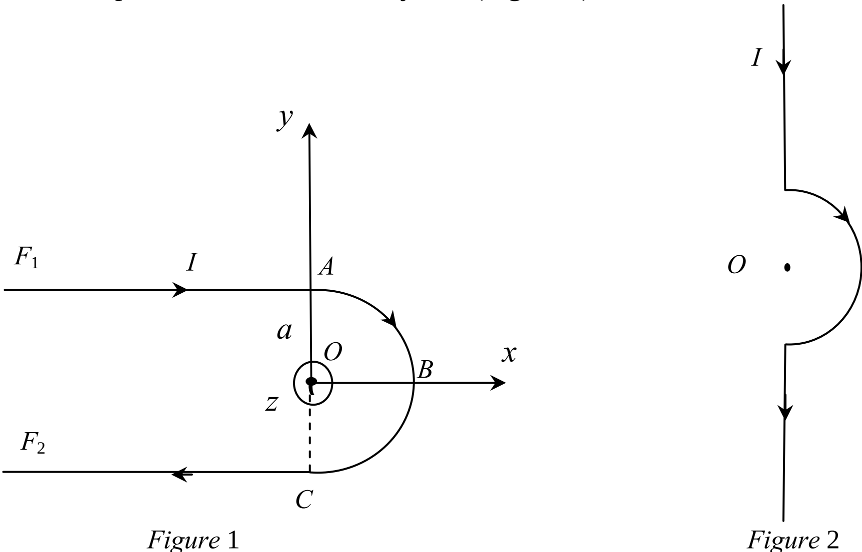


Figure 1　　　　*Figure* 2

1) Déterminer par des considérations de symétrie, l'orientation du champ magnétique crée par le circuit de la figure 1 en O.

2) a) Déterminer par deux méthodes différentes l'expression du champ magnétique crée par un fil infini en un point M situé à une distance ''a'' de celui-ci.

b) En déduire le champ magnétique créé par les deux fils F_1 et F_2 en O.

c) Déterminer le champ magnétique créé en O par la demi spire ABC.

d) En déduire le champ magnétique créé par l'ensemble du circuit en O.

3) Comment est modifié le champ magnétique en O si le circuit prend la disposition suivante ?

Courant alternatif

On applique entre les bornes *P* et *M*, du circuit de la figure 3, une tension sinusoïdale $u(t) = U\sqrt{2}\cos\omega t$ de pulsation telle que $LC\omega^2 = 1$ et U=220V.

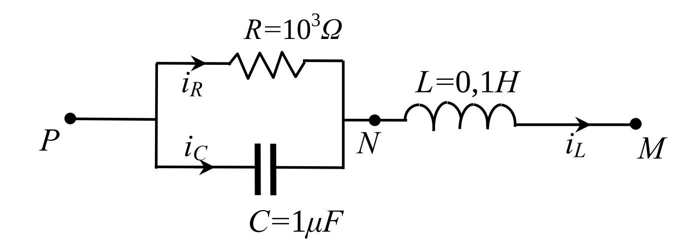


Figure 3

1) Déterminer la ddp $u_{PN}(t)=u_P - u_N$ entre les bornes *P* et *N*.

2) Déterminer entièrement (amplitudes et phases) les intensités $i_R(t)$, $i_C(t)$ et $i_L(t)$.

3) Quelle est la puissance totale dissipée entre P et M ?

Année 2007-2008

Pr A. SDAQ

Contrôle "Electricité 2"
Module Φ5
SMCP3

①

Question de Cours (Théorème de Maxwell)

Enoncé : « Le travail des forces électromagnétiques appliquées à un circuit électrique rigide se déplaçant dans un champ magnétique statique est égal au produit de l'intensité du courant par le flux magnétique coupé par le circuit lors de son déplacement. »

Démonstration :

- Soit $\vec{dl}$ portion d'un circuit rigide parcouru par un courant I permanent.

Le travail élémentaire de la force de Laplace lors du déplacement $\vec{dr}$:

$$d^2W = \vec{dF} \cdot \vec{dr}$$

$$= I(\vec{dl} \wedge \vec{B}) \cdot \vec{dr}$$

$$= I \underbrace{(\vec{dr} \wedge \vec{dl})}_{d^2\vec{S}} \cdot \vec{B}$$

$$= I \, d^2\vec{S} \cdot \vec{B}$$

$$d^2W = I \, d^2\Phi_c$$

- Pour l'ensemble du circuit, le travail élémentaire des forces de Laplace lors du déplacement $\vec{dr}$:

$$dW = \int_{circuit} d^2W = I \, d\Phi_c$$

avec $d\Phi_c$ = flux coupé par le circuit pendant le déplacement "$\vec{dr}$".

- Pour un déplacement global (entre une position initiale et une finale) le travail des forces électromagnétiques est : $W = \int dW = I \, \Phi_c$

où Φ_c = flux coupé global.

Magnétostatique

②

1) • xoz plan d'antisymétrie $\rightarrow \vec{B} \in xoz \rightarrow B_y = 0$

•• xoy plan de symétrie $\rightarrow \vec{B} \perp xoy \rightarrow \vec{B} \parallel oz$

$$\vec{B} = B\,\vec{e_z}$$

2) a) 1ère Méthode : Th. d'Ampère

• (POM) est plan de symétrie $\rightarrow \vec{B} \perp$ plan (POM)

•• Il y a invariance par translation et rotation autour de l'axe du fil $\Rightarrow \vec{B}$ dépend uniquement de a et $\vec{B}$ est de même module sur le cercle de rayon a.

••• Sens : Bonhomme d'Ampère.

Th. Ampère : $\oint_{\text{Contour}:\mathcal{C}} \vec{B}\cdot d\vec{\mathcal{C}} = \mu_0 \sum I$

Choix du contour $\mathcal{C}$: Cercle de rayon "a" orienté comme indiqué sur la fig.

$$\oint_{\mathcal{C}} B\cdot d\mathcal{C} = \mu_0 I \qquad I \text{ : rentre par la face sud}$$

$$B = \mu_0 I / 2\pi a$$

** 2ème méthode : Loi de Biot & Savart

• $d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{\vec{dl} \wedge \vec{r}}{r^3}$

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl.\cos\theta}{r^2}$$

•• $\cos\theta = a/r$ & $\left|\begin{array}{l} \operatorname{tg}\theta = \frac{l}{a} \\ dl = a\, d\theta / \cos^2\theta \end{array}\right.$

••• $\vec{B} = \int_{fil} d\vec{B} \longrightarrow B = \int_{fil} dB$ car tous les $\vec{dB}$ sont colinéaires.

$$B = \int_{l=-\infty}^{+\infty} \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{\cos\theta}{r^2} dl = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \cos\theta . d\theta \Rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

b) * **Fil F_1 :**

- Orientation : voir fig ci-contre
- Module : moitié du champ créé par un fil infini

$$\vec{B}_{F_1} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi a}\,\vec{e_z}$$

F1 I A a O $\vec{B}_{F_1} = B_1\vec{e_z}$

* **Fil F_2 :**

de même $\vec{B}_{F_2} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi a}\,\vec{e_z}$

O $\vec{B}_{F_2} = B_{F_2}\vec{e_z}$ a C F2 I

c) **Demi-spire ABC :**

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\,\frac{\vec{dl}\wedge\vec{r}}{r^3} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi}\,\frac{dl}{a^2}\,\vec{e_z}$$

$$\vec{B} = \int_{ABC} d\vec{B} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi a^2}\int_{ABC} dl\;\vec{e_z}$$

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0 I}{4a}\,\vec{e_z}$$

y, $\vec{r}$, $\vec{dl}$, O, x, z

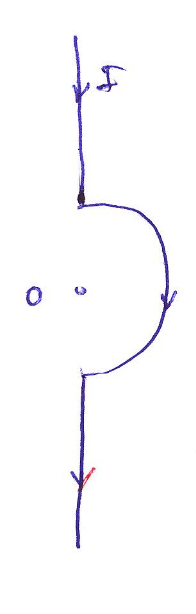
Rq : → champ créé par 1 spire en O :
⚠ $B(O) = \frac{\mu_0 I}{2a}$
→ champ créé par ½ spire en O
$B_{1/2}(O) = \frac{1}{2}B(O) = \frac{\mu_0 I}{4a}$

d) $\vec{B}_{total} = \vec{B}_{F_1} + \vec{B}_{demi\text{-}spire} + \vec{B}_{F_2}$

$$= -\frac{\mu_0 I}{4a}\left[\frac{2}{\pi} + 1\right]\vec{e_z}$$

3) • $\vec{B}_{F_1}(O) = \vec{B}_{F_2}(O) = \vec{0}$ car tous les $\vec{dl}$ de F_1 et F_2 sont // à $\vec{r}$

•• $\vec{B}_{total} = \vec{B}_{1/2\,spire} = -\frac{\mu_0 I}{4a}\,\vec{e_z}$



UNIVERSITÉ IBN ZOHR
Faculté des Sciences d'Agadir
Département de Physique
AGADIR

Année 2009-2010
Session normale
Durée 1h 30mn

Épreuve "Électricité 2"
Module "Physique 3"
SMP3-SMC3

I. Puissance en courant alternatif

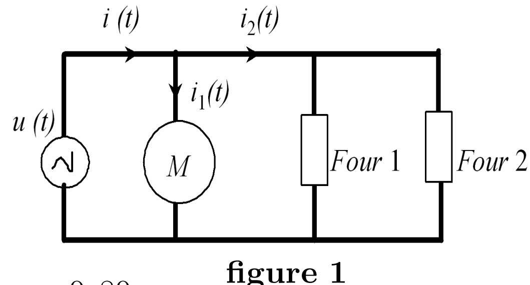


figure 1

Un atelier est alimenté sous une tension sinusoïdale de valeur efficace 220 V et de fréquence 50 Hz (Figure 1). Il comporte en dérivation :

- Un moteur de puissance mécanique 4kW, de facteur de puissance $\cos\varphi_1 = 0,75$ et de rendement $\eta_1 = 0,80$;
- Deux fours de 1kW chacun.

Les fours se comportent comme des résistances pures.

1) Calculer la puissance active totale absorbée par l'atelier.

2) **a)** Calculer les intensités des courants $i_1(t)$ et $i_2(t)$.

b) Calculer le courant total $i(t)$ absorbé par l'atelier et le facteur de puissance correspondant.

3) On ajoute en parallèle un deuxième moteur de puissance mécanique 7,2kW, de facteur de puissance $\cos\varphi_2 = 0,8$ et de rendement $\eta_2 = 0,80$;

a) Déterminer pour l'ensemble :

- La puissance active ;
- La puissance réactive.

b) En déduire la valeur efficace I' de l'intensité du nouveau courant absorbé par l'ensemble.

c) Calculer le nouveau facteur de puissance de l'atelier.

4) **a)** On désire relever jusqu'à 0,90 le facteur de puissance de l'ensemble. Calculer la capacité C des condensateurs en parallèles nécessaires.

b) Calculer la nouvelle intensité efficace I'' absorbée par l'ensemble.

II. Magnétostatique

Déterminer le champ magnétique $\vec{B}$ créé au point M par les circuits représentés sur les figures 2, 3, 4 et 5.

On précisera en justifiant les réponses :

- la direction de $\vec{B}$;
- son sens ;
- son module.

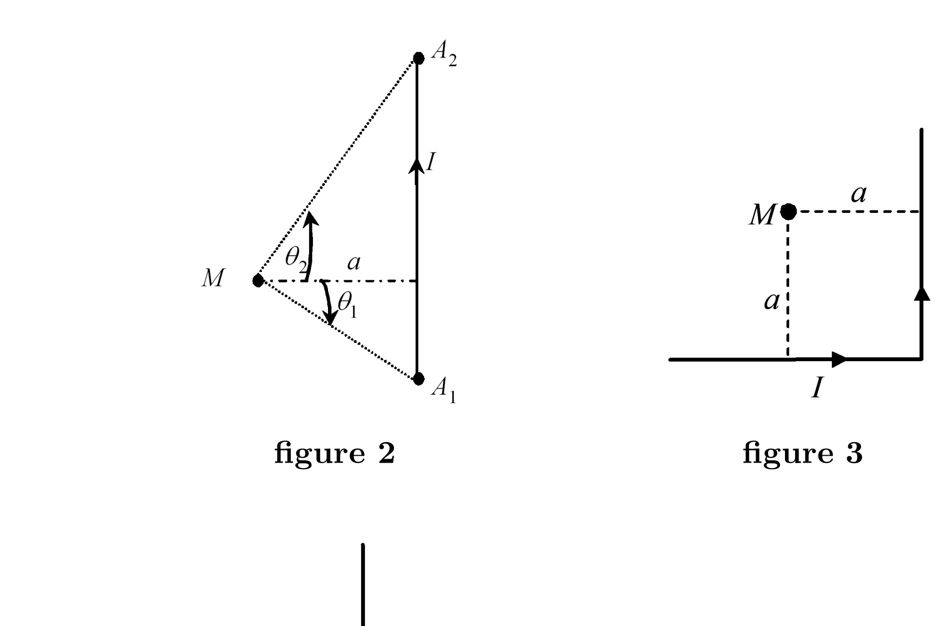


figure 2 **figure 3**

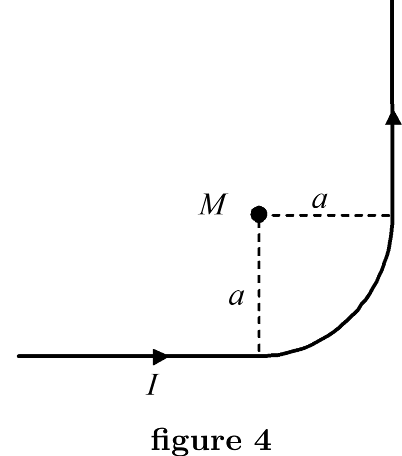


figure 4

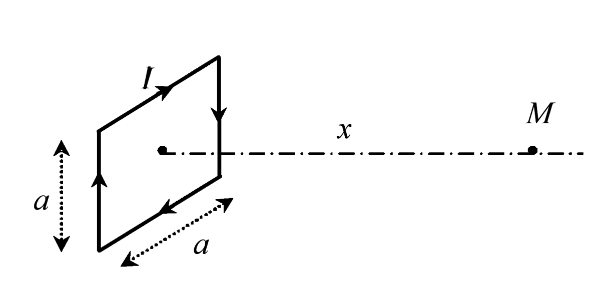


figure 5

I - Puissance en courant alternatif :

$u(t) = U\sqrt{2}\cos 100\pi t$, avec $U = 220\,V$

1) Puissance active consommée par :

- Moteur M $\rightarrow P_{Moteur\,1} = \frac{P_{m1}}{\eta_1} = \frac{4000}{0.8} = 5\,kW$
- Four 1 $\rightarrow P_{Four\,1} = 1\,kW$
- Four 2 $\rightarrow P_{Four\,2} = 1\,kW$

$\Rightarrow$ • Installation : $P = P_{Moteur\,1} + P_{Four\,1} + P_{Four\,2}$

$= 7\,kW$

2) a) * Courant dans le moteur : $I_1 = \frac{P_{Moteur}}{U\cos\varphi_1} = \frac{5000}{220 \times 0.75} \simeq 30{,}3\,A$

D'où $\begin{cases} i_1(t) \simeq 30{,}3\sqrt{2}\cos(100\pi t - \varphi_1) \\ \text{avec } \cos\varphi_1 = 0.75. \end{cases}$

* Courant dans les deux fours : $I_2 = \frac{P_{Four\,1} + P_{Four\,2}}{U} = \frac{2000}{220} \simeq 9{,}1\,A$

D'où $i_2(t) \simeq 9.1\sqrt{2}\cos 100\pi t$.

b) • Méthode 1 (notation complexe)

$i(t) = i_1(t) + i_2(t) \longrightarrow \bar{i}(t) = \bar{i}_1(t) + \bar{i}_2(t)$

$\bar{i}(t) = I\sqrt{2}\,e^{j(\omega t - \varphi)} = I_1\sqrt{2}\,e^{j(\omega t - \varphi_1)} + I_2\sqrt{2}\,e^{j\omega t}$

$= [\underbrace{(I_1\cos\varphi_1 + I_2)}_{I_a} - j\underbrace{I_1\sin\varphi_1}_{I_r}]\sqrt{2}\,e^{j\omega t}$

D'où $\begin{cases} I = \sqrt{I_a^2 + I_r^2} \simeq 37{,}6\,A \\ \text{et } \cos\varphi = \frac{I_1\cos\varphi_1 + I_2}{I} \simeq 0{,}846 \end{cases}$ $\quad tg\,\varphi = \frac{I_1\sin\varphi_2}{I_1\cos\varphi_1 + I_2} \simeq 0{,}63$

• **Méthode 2 : Représentation de Fresnel**

$i(t) \rightarrow$ vecteur $\vec{OB}$

$i_1(t) \rightarrow$ vecteur $\vec{AB}$

$i_2(t) \rightarrow$ vecteur $\vec{OA}$

• $I = \|\vec{OB}\| = \sqrt{(I_2 + I_1\cos\varphi_1)^2 + (I_1\sin\varphi_1)^2}$

AN : $I \simeq$

• $\cos\varphi = \dfrac{I_2 + I_1\cos\varphi_1}{I} \overset{AN}{\simeq} 0{,}846.$

3) a) • Puissance active pour l'ensemble :

• $P = P_{Moteur\,1} + P_{Moteur\,2} + P_{Four\,1} + P_{Four\,2}$

avec $P_{Moteur\,2} = \dfrac{P_{um2}}{\eta_2} = \dfrac{7200}{0.8} = 9\ kW$

Donc $P = 9 + 7 = 16\ kW$

• Puissance réactive pour l'ensemble :

• $Q = Q_{Moteur\,1} + Q_{Moteur\,2}$

avec * $Q_{Moteur\,1} = P_{Moteur\,1}\,tg\,\varphi_1 \overset{AN}{\simeq} 4409{,}58$ var

* $Q_{Moteur\,2} = P_{Moteur\,2}\,tg\,\varphi_2 \overset{AN}{\simeq} 6750$ var

Donc $Q \overset{AN}{\simeq} 11\,159{,}58$ var

b) $S' = UI' = \sqrt{P^2 + Q^2} \Rightarrow I' = \dfrac{\sqrt{P^2+Q^2}}{U}$

(puissance apparente) AN $S' \simeq 19507{,}58$ VA AN : $I' \simeq 88{,}6$ A

c) $\cos\varphi' = \dfrac{P}{S'}$ AN $\cos\varphi' \simeq 0{,}82$

4) a) Soient Q_{avant} = Puissance réactive avant utilisation des condensateurs $= Q$

$Q_{après}$ = " après "

Q_c = " " des condensateurs

$\Rightarrow$ $Q_c = Q_{après} - Q_{avant}$ (avec $Q_{avant} = Q$)

$= -UI_c$

avec $I_c = UC\omega$ courant efficace dans les condensateurs

or $Q_{après} = P\,tg\,\varphi''$ sachant que $\cos\varphi'' = 0.9$

D'où $C = \dfrac{Q - Q_{après}}{U^2\omega}$ AN, $Q_{après} \simeq 7749{,}15$ var ; $C \simeq 224{,}4$ µF

b) $I'' = \sqrt{P^2 + Q_{après}^2}\,/\,U$ AN : $I'' \simeq 80{,}8$ A

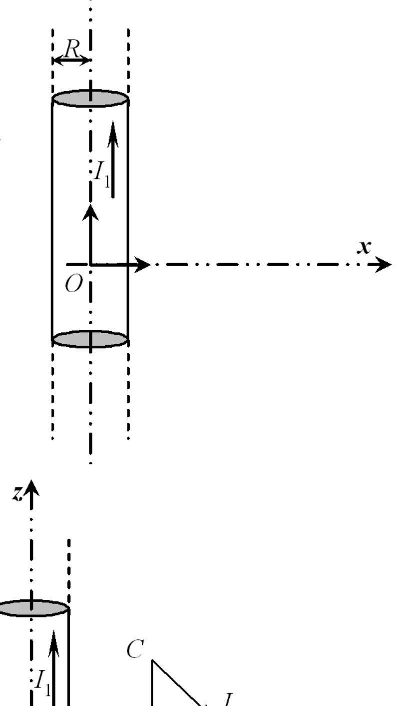
UNIVERSITÉ IBN ZOHR
Faculté des Sciences d'Agadir
Département de Physique
AGADIR

Année 2009-2010
Session de rattrapage
Durée $1h\ 30mn$

Épreuve "Électricité 2"
Module "Physique 3"
SMP3-SMC3

I. Magnétostatique

Un conducteur infiniment long de rayon R est parcouru par un courant stationnaire d'intensité I_1 correspondant à une densité volumique $\overrightarrow{J_1} = J_1\vec{e}_z$. L'espace est rapporté au repère orthonormé direct cartésien $R(O, \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$ (Figure 1).



1) Quelle est l'expression du champ magnétique $\vec{B}(x)$ créé par le cable à la distance x ($x < R$ et $x > R$) de l'axe $(O, \vec{e}_z)$?

Un conducteur indéformable CDE ayant la forme d'un *triangle isocèle (rectangle en E)* est parcouru par un courant stationnaire d'intensité I_2. Il est situé à côté du cable précédent dans le plan $(O, \vec{e}_x, \vec{e}_z)$ (Figure 2).



2) Déterminer la force de Laplace :

a) $\vec{F}_{EC}$ qui s'exerce sur le côté EC.

b) $\vec{F}_{DE}$ agissant sur le côté DE.

c) $\vec{F}_{CD}$ appliquée au côté CD (*utiliser pour cela l'équation de la droite CD*).

Figure 2

3) En déduire la résultante de qui s'exerce sur le cadre ECD.



4) a) Calculer le flux Φ du champ magnétique créé par le courant I_1 à travers le circuit ECD

b) Indiquer une autre méthode de calcul de $\vec{F}$.

II. Courant alternatif sinusoïdal

Un générateur basses fréquences délivre une tension alternative sinusoïdale $v(t) = V\sqrt{2}\sin\omega t$ de fréquence $f = 2000Hz$.

1) On place ce générateur aux bornes d'une résistance $R = 100\Omega$. L'intensité efficace du courant dans la résistance R vaut $1A$. Calculer la tension efficace V de $v(t)$.

2) Le même générateur est maintenant placé aux bornes d'une inductance L. L'intensité efficace du courant dans l'inductance est $1A$.

Quelle est le coefficient de self induction L de la bobine ?

3) La bobine L et la résistance R sont placés en série entre les bornes du générateur.

a) Quelle est l'expression de l'intensité du courant dans le circuit ?

Calculer les valeurs numériques de l'amplitude et la phase du courant

b) Quelle est la puissance dissipée dans l'ensemble ?

4) On place en série avec la bobine et la résistance un condensateur de capacité C. l'ensemble est alimenté avec le même générateur.

a) On veut que l'intensité efficace du courant dans le circuit soit égale à $1A$.

Quelle doit être la valeur de C ?

(*Penser à déterminer le courant $i(t)$ dans le circuit*)

b) Déterminer les expressions des différences de potentiel aux bornes de la résistance R, de la bobine L et du condensateur C.

c) Quelle est la puissance dissipée dans l'ensemble ?

I - Magnétostatique

Par raison de symétrie, le champ $\vec{B}$ est radial et les lignes de champ sont des cercles.

1) • $x > R$ $\oint_{\mathcal{C}} \vec{B} \cdot \vec{dl} = \mu_0 I_1$ $\mathcal{C} \equiv$ cercle de rayon "x"

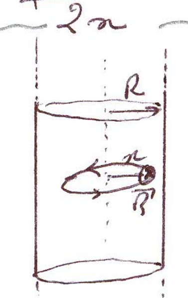
$\vec{B} \parallel \vec{dl}$ même sens.

$$B \, 2\pi x = \mu_0 I_1 \Rightarrow B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x}$$

$$\boxed{\vec{B} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} \vec{e_y}}$$ ou bien (comme $J_1 = \frac{I_1}{\pi R^2}$) $\Rightarrow$ $$\boxed{\vec{B} = \frac{\mu_0 J_1 R^2}{2x} \vec{e_y}}$$

•• $x < R$

$$\oint_{\mathcal{C}} \vec{B} \cdot \vec{dl} = \mu_0 I \quad \text{avec } I = J_1 \cdot \pi x^2$$



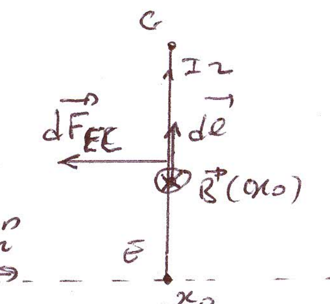
$$B \cdot 2\pi x = \mu_0 J_1 \cdot \pi x^2$$

$$\Rightarrow B = \frac{\mu_0 J_1}{2} x \quad \text{ou bien } B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi R^2} x$$

$$\boxed{\vec{B} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi R^2} x \, \vec{e_y}}$$

2) a) $\vec{dF}_{EC} = I_2 \, \vec{dl} \wedge \vec{B}(x_0)$ $\parallel \vec{dl} \perp \vec{B}(x_0)$

$$= - I_2 \, dl \cdot B(x_0) \, \vec{e_x}$$



$$\vec{F}_{EC} = \int_E^C \vec{dF}_{EC} = \int_0^a - I_2 B(x_0) \, dl \, \vec{e_x}$$

$$\boxed{\vec{F}_{EC} = - \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \frac{a}{x_0} \vec{e_x}}$$

b) $\vec{dF}_{DE} = I_2 \, \vec{dl} \wedge \vec{B}(x)$ $dl = dx$

$$= - I_2 \, dx \cdot B(x) \cdot \vec{e_z}$$

$$\vec{F}_{DE} = \int_{x_0}^{x_0+a} - \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \frac{dx}{x} \vec{e_z} \Rightarrow \boxed{\vec{F}_{DE} = - \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln \frac{x_0 + a}{x_0} \vec{e_z}}$$

c) $d\vec{F}_{CD} = I_2\, \vec{dl} \wedge \vec{B}(x)$

Eq. droite (CD)

méthode 1 : $z = px + b$

$\begin{cases} p = -\frac{a}{a} = -1 \\ \text{et } -(x_0+a) + b = 0 \Rightarrow b = (x_0+a) \end{cases}$

Donc $z = -x + x_0 + a$ (droite de pente -1)

Méthode 2 : $\frac{z}{a} = \frac{x_0+a-x}{a} \Rightarrow z = -x + x_0 + a$

Comme $\vec{dl} \in$ droite $(CD) \Rightarrow \vec{dl} = dx\,(\vec{e_x} - \vec{e_z})$

Donc $d\vec{F}_{CD} = I_2\, dx\,(\vec{e_x} - \vec{e_z}) \wedge \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x}\vec{e_y}$

$= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi x} dx\,[\vec{e_x} + \vec{e_z}]$

Et $\vec{F}_{CD} = \int_{x_0}^{x_0+a} \ldots \ldots =$

$$\boxed{\vec{F}_{CD} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln\frac{x_0+a}{x_0}\,(\vec{e_x} + \vec{e_z})}$$

d) $\vec{F} = \vec{F}_{EC} + \vec{F}_{DE} + \vec{F}_{CD}$

$$\boxed{\vec{F} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\left[\ln\frac{x_0+a}{x_0} - \frac{a}{x_0}\right]\vec{e_x}}$$

4) $d\phi = \vec{B}(x) \cdot \vec{dS}$ $\vec{dS}$ = air hachurée $= dS\,\vec{e_y}$ (règle tire-bouchon)

$d\phi = B(x) \cdot dS$

or $dS = z \cdot dx = (-x + x_0 + a)\,dx$

Donc $\phi = \iint_{\text{triangle } ECD} d\phi = \int_{x_0}^{x_0+a} \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} \cdot (-x + x_0 + a)\,dx$

$$\boxed{\phi = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi}\left[(x_0+a)\ln\frac{x_0+a}{x_0} - a\right]}$$

UNIVERSITÉ IBN ZOHR
Faculté des Sciences d'Agadir
Département de Physique
AGADIR

Année 2010-2011
Session de rattrapage
Durée 1h 30mn

Épreuve "Électricité 2"
Module "Physique 3"
SMP3-SMC3-ERDD3-SM3 & SMI3

I. Magnétostatique

Un solénoïde (bobine cylindrique) de longueur ℓ est constitué de N spires circulaires jointives. Chacune des spires de rayon R, est parcourue par un courant I (*figure* 1).

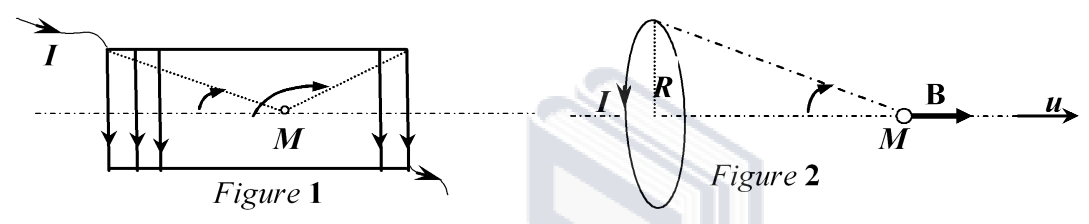


Figure **1**   *Figure* **2**

1) **a)** Déterminer le champ magnétique créé par le solénoïde en un point M de son axe.
Rappel : le champ créé par une spire parcourue par un courant I (figure 2) est donné par : $\vec{B}_{spire} = \dfrac{\mu_0 I}{2R} \sin^3 \theta \, \vec{u}$

b) En déduire le champ magnétique sur l'axe pour un solénoïde très long ($\ell >> R$).

On se place dans le cas d'un solénoïde très long dans la suite du problème.

2) Montrer, en utilisant le théorème d'Ampère, que le champ est uniforme à l'intérieur du solénoïde très long et son expression est celle déterminée en **1) b)**.

3) Déterminer par un calcul du flux le coefficient d'auto induction L du solénoïde.

4) Retrouver, par un calcul énergétique, le coefficient d'auto induction L du solénoïde.

5) On place au centre du solénoïde une petite bobine plate, de section s, contenant n spires parcourues par un courant I' . On s'arrange à ce que son axe fasse un angle α avec l'axe du solénoïde (*figure* 3).

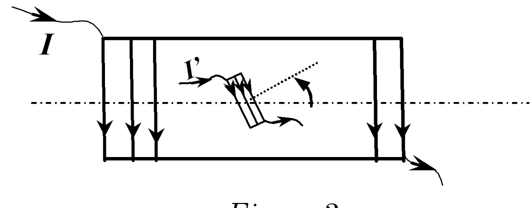


Figure 3

Déterminer le flux envoyé par le solénoïde à travers la bobine. En déduire l'inductance mutuelle M de la bobine et du solénoïde.

6) Que devient l'inductance mutuelle M si on change le sens du courant I'.

II. Courant alternatif sinusoïdal

On considère le circuit de la figure 4 soumis à une tension sinusoïdale $u(t) = U\cos\omega t$.

On se propose de déterminer les courants :
$i_1(t) = I_1\cos(\omega t + \varphi_1)$, $i_2(t) = I_2\cos(\omega t + \varphi_2)$
et $i(t) = I\cos(\omega t + \varphi)$

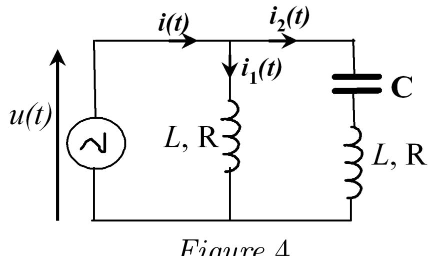


Figure 4



1) Déterminer $i_1(t)$ en utilisant respectivement :

a) *la méthode des complexes ;*

b) *la construction de Fresnel .*

2) Déterminer le courant $i_2(t)$ en utilisant la méthode des complexes.

$i_2(t)$ est-il en avance ou en retard de phase par rapport à $i_1(t)$?

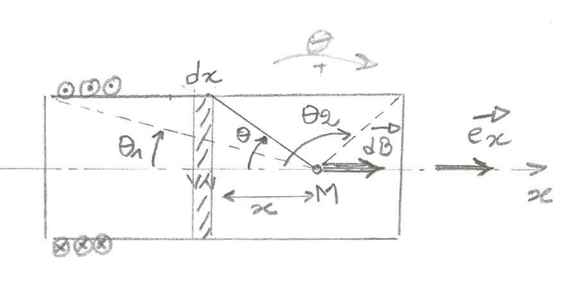
3) **a)** Quelle relation doit vérifier L, C, ω pour que $i_2(t)$ soit en phase avec $u(t)$. En déduire la fréquence correspondante.

b) Déterminer , dans ce cas, le courant $i(t)$ en utilisant la méthode de Fresnel.

c) Exprimer, dans ce cas, φ_1 en fonction de R, L, ω lorsque $i(t)$ est en quadrature retard sur $u(t)$.

Pr A. SDAQ | Epreuve Electricité 2 SMP3 - SM3 - SMI3 - SMC3 ERDD3 | session Rattrapage Année 2010/11

I - Magnétostatique (solénoïde limité)



1) a) Toutes les spires créent des champs de même direction et de même sens en M.
Le sens est donné par la règle du tire-bouchon

$\vec{B} = B\,\vec{e_x}$ avec $B > 0$

Considérons les spires contenues dans une tranche dx. Leur nombre est $\frac{N}{\ell}dx$

- Le champ créé par cette tranche de spires est :

$$\vec{dB} = \frac{\mu_0 \frac{N}{\ell} \cdot |dx|\, I}{2R} \sin^3\theta \; \vec{e_x}$$

$\vec{dB}$ est bien de même sens que $\vec{e_x}$.

or $\cot\theta = x/R \Rightarrow \frac{-d\theta}{\sin^2\theta} = \frac{dx}{R}$

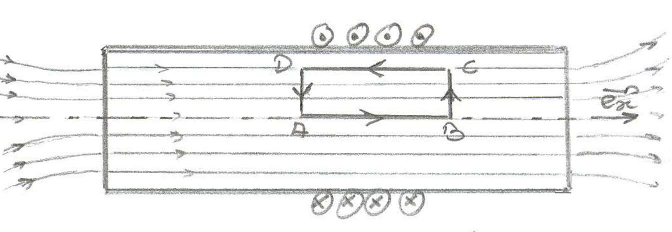
- Le champ créé par le solénoïde est :

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \frac{N}{\ell} \cdot I}{2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin\theta \, d\theta \; \vec{e_x}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \frac{N}{\ell} \cdot I}{2} \left[\cos\theta_1 - \cos\theta_2\right] \vec{e_x}$$

b) Solénoïde très long : $\ell \gg R \Rightarrow \theta_1 \simeq 0$ et $\theta_2 \simeq \pi \Rightarrow B = B_0 = \mu_0 \frac{N}{\ell} I$

2) Cas solénoïde très long : $\ell \gg R$



* Les lignes de champ sont des droites parallèles à l'axe du solénoïde

Th. d'Ampère : $\oint_{\mathcal{C}} \vec{B}\cdot\vec{d\ell} = \mu_0 \sum I = 0$ → car aucun courant ne traverse $\mathcal{C} = ABCD$.

$$\int_{AB} \vec{B}\cdot\vec{d\ell} + \int_{BC} \vec{B}\cdot\vec{d\ell} + \int_{CD} \vec{B}\cdot\vec{d\ell} + \int_{DA} \vec{B}\cdot\vec{d\ell} = 0$$

$\int_{BC} = 0$ car $\vec{B} \perp \vec{d\ell}$; $\int_{DA} = 0$ car $\vec{B} \perp \vec{d\ell}$; $\int_{CD}$: car $\vec{B}$ sens opp. à $\vec{d\ell}$

$$B_0 \cdot AB - B_{CD}\, CD = 0$$

Donc $B_{CD} = B_0 = \mu_0 \frac{N}{\ell} I$

le champ est donc uniforme à l'intérieur du solénoïde.

3) Flux propre du solénoïde :

$$\phi_{propre} = N\vec{B_0}\cdot\vec{S}_{spire}$$

$\vec{S}_{spire}$ = vecteur surface d'une spire (sens = règle tire bouchon)

$$= N B_0 \cdot S_{spire}$$ ← car $\vec{B_0}$ et $\vec{S}_{spire}$ // et même sens.

$$= N B_0 \cdot \pi R^2$$

$$= L I$$

D'où $$L = \frac{N B_0 \pi R^2}{I} = \frac{N^2 \mu_0 \pi R^2}{\ell}$$

4) L'énergie emmagasinnée dans le solénoïde :

1ère méthode

$$W = \frac{1}{2} I \phi_{propre}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{N^2 \mu_0 I^2}{\ell} \pi R^2$$

$$= \frac{1}{2} L I^2$$

D'où $$L = \frac{N^2 \mu_0 \pi R^2}{\ell}$$

2ème méthode

$$W = \iiint_V \frac{B^2}{2\mu_0} dV$$

$$= \frac{B_0^2}{2\mu_0} V$$

V = Volume du solénoïde. $= \ell \pi R^2$

$$= \frac{\mu_0 N^2 I^2}{2\ell} \pi R^2$$

D'où $$L = \frac{N^2 \mu_0 \pi R^2}{\ell}$$

5) Flux envoyé par le solénoïde à travers la bobine :

$$\phi_{solénoïde/bobine} = n \vec{B_0} \cdot \vec{s}$$

$$= n B_0 \cdot s \cdot \cos\alpha$$

$$= M I$$

D'où $$M = \frac{n B_0 s \cos\alpha}{I} = \frac{n N \mu_0 s \cos\alpha}{\ell}$$

6) $$\phi_{solénoïde/bobine} = n \vec{B_0}\cdot\vec{s}$$

$$= n B_0 s \cos(\pi+\alpha)$$

$$= -n B_0 s \cos\alpha$$

D'où $$M = -\frac{n N \mu_0 s \cos\alpha}{\ell}$$